



## A Dinâmica Estrutural do Setor Sucroenergético como Elemento Indutor de Investimentos em Bioeletricidade

Nivalde José de Castro<sup>1</sup>  
Guilherme de Azevedo Dantas  
Roberto Brandão

### Resumo

Os benefícios da inserção da bioeletricidade na matriz elétrica brasileira em uma escala condizente com o seu potencial são indiscutíveis em termos de segurança do suprimento de energia elétrica e manutenção da sustentabilidade da matriz brasileira. Ao mesmo tempo, estes investimentos representam uma significativa oportunidade para o setor sucroenergético e o ciclo expansivo do setor sucroenergético garante a oferta de biomassa residual necessária para a geração de significativos montantes de bioeletricidade nos próximos anos.

Em contrapartida, incertezas em relação a modernização de plantas existentes e ao aproveitamento da palha fazem com que a discussão ao potencial técnico de bioeletricidade que de fato pode ser viabilizada seja densa. O argumento central deste artigo é que independente da formação de políticas públicas que incentive a viabilização deste potencial, a dinâmica de reordenamento industrial do setor com o aumento da escala produtiva das plantas e dos grupos econômicos é por si só um elemento indutor da realização de investimentos em bioeletricidade.

### Abstract

### Introdução

A crescente demanda por açúcar e principalmente etanol irão garantir uma oferta crescente de biomassa canavieira residual a ser utilizada como insumo para a geração de bioeletricidade. Desta forma, é um suposto razoável se considerar o potencial técnico de geração de bioeletricidade nos próximos anos como bastante expressivo. Porém, a quantidade de energia que efetivamente será gerada também é função da rota tecnológica adotada nos projetos de geração, sobretudo no que diz respeito ao uso da palha como combustível e ao ritmo de adoção de opções tecnológicas com eficiência energética superior, que implicam em investimentos maiores e, que, por esta razão, podem não se mostrar financeiramente atraentes.

As incertezas inerentes ao grau de uso da palha e à modernização das usinas existentes dificultam o dimensionamento preciso do potencial da bioeletricidade. Em contrapartida, há uma clara tendência

---

<sup>1</sup> Grupo de Estudos do Setor Elétrico do Instituto de Economia da UFRJ. Avenida Pasteur 250 – Sala 226. Urca – Rio de Janeiro – RJ. Cep: 22290-240. Telefone: (55 21) 3873-5249. Emails: [nivalde@ufrj.br](mailto:nivalde@ufrj.br), [guilhermecrvg@ppe.ufrj.br](mailto:guilhermecrvg@ppe.ufrj.br), [robertobrandao@gmail.com](mailto:robertobrandao@gmail.com).

ao barateamento dos custos de investimentos em geração que age no sentido da disseminação da bioeletricidade. Isto ocorre porque os custos dos projetos de co-geração são diluídos em projetos de maior escala e o perfil de expansão do setor sucroenergético estará baseado justamente em novas usinas de grande escala e na expansão da moagem nas plantas existentes.

Este artigo se divide em duas partes. Inicialmente, se discute os entraves que dificultam o potencial econômico de geração bioeletricidade convergir com o potencial técnico e como a viabilidade econômica dos projetos é sensível à escala dos projetos. Em seguida, se apresenta o perfil de expansão do setor sucroenergético fundamentado no aumento da escala das plantas que é um elemento endógeno a dinâmica do setor sucroenergético indutor de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes.

#### A Viabilidade do Potencial Técnico da Bioeletricidade

A discussão sobre o potencial de bioeletricidade requer a delimitação do conceito de potencial. O *potencial teórico* é o potencial total de geração a partir de um insumo e é definido a partir de fatores naturais e climáticos. No entanto, o aproveitamento do potencial teórico é limitado por fatores técnicos que definem o *potencial técnico* de aproveitamento da fonte de energia. Por sua vez, a implementação do potencial técnico é função de sua viabilidade econômica e, portanto, o *potencial econômico* normalmente é uma fração do potencial técnico do energético. Por fim, é importante se frisar que nem todo potencial econômico de fato será implementado, pois depende da demanda de energia, da competitividade em relação a outras fontes e das políticas e mecanismos de contratação de energia. Estes fatores em conjunto definem o *potencial de mercado* do insumo energético.

O *potencial teórico* de geração de bioeletricidade é aquele onde todo o bagaço e palha são gaseificados e utilizados para a produção de eletricidade em usinas turbinas a gás ciclo combinado. Além do bagaço e da palha, o biogás oriundo da vinhaça também deve contar para efeito de cômputo do potencial teórico da bioeletricidade. Porém, a conveniência agrícola de deixar parte da palha no solo e o caráter energo-intensivo da produção de biogás a partir da vinhaça restringem o potencial que pode ser tecnicamente explorado. Ao mesmo tempo, embora turbinas a gás sejam responsáveis por significativa parcela da geração mundial de eletricidade, a gaseificação da biomassa não é uma tecnologia convencional, comercialmente disponível.

Neste sentido, o *potencial técnico* adotado tem como pressuposto a tecnologia de extra-condensação com caldeiras de 67 bar capaz de produzir 199 kWh excedentes por tonelada de cana processada quando se utiliza 75% do bagaço e 50% da palha disponíveis. Com base na projeção de uma safra de 1.038 milhões de toneladas de cana na safra 2020/21 é possível se projetar uma potência instalada em torno de 28.000 MW a serem exportados para o sistema elétrico brasileiro a partir das usinas sucroenergéticas. Cabe se destacar, que por se tratar de uma energia sazonal, a disponibilidade no período seco do ano é próxima à potência instalada, ou seja, algo em torno de 28.000 MWmed.

Contudo, ao se passar do potencial técnico para o *potencial econômico*, existem duas questões que exigem uma análise cuidadosa: o uso da palha e a modernização das plantas de co-geração de usinas antigas, sobretudo as que têm reduzida escala de produção.

A hipótese de utilização de 50% da palha disponível não é consistente com os investimentos que vêm sendo realizados em bioeletricidade. Os projetos em usinas novas (*greenfields*) assim como projetos de modernização de plantas existentes (*retrofits*) em geral ainda não contemplam a utilização da palha. Esta opção se deve a duas razões. Em primeiro lugar, o custo de transporte da palha até a usina precisa ser inteiramente imputado à geração de eletricidade, ao contrário do que ocorre com o bagaço que é sempre transportado para a usina para a produção de açúcar e etanol. Devido ao custo de transporte, o uso da palha pode não ser viável economicamente para áreas agrícolas distantes da usina. Em segundo lugar, ainda há incertezas a respeito da rota tecnológica a ser adotada para

coleta, transporte, limpeza, armazenamento e queima da palha. Fornecedores e indústrias pioneiras têm realizado experimentos com soluções distintas para todas as fases deste processo e não há, até o momento, consenso de quais rotas tecnológicas são realmente eficientes. O que pode se prospectar sobre o uso da palha é que o mesmo deve se tornar uma realidade no curto/médio prazo. Mas a utilização de algo como 25% da palha disponível parece uma suposição mais razoável do que os 50% que foram adotados para dimensionamento do potencial técnico da geração de bioeletricidade. Ao se desconsiderar a geração a partir da palha, o potencial de geração de bioeletricidade em 2021 se reduz para aproximadamente uma potência instalada de 14.000 MW. Novamente, se destaca que por ser uma geração sazonal, está se falando de 14.000 MWmed no período seco do ano.

Em paralelo, é preciso testar a hipótese de que toda a safra em um horizonte de 10 anos será processada em usinas com plantas de co-geração de extra-condensação, com caldeiras de alta pressão. Isto porque grande parte da safra ainda será processada em usinas antigas, que hoje exportam pouca ou nenhuma energia e pode não se mostrar economicamente viável modernizar todas estas usinas. Os investimentos em *retrofits* estão relacionados tanto à substituição das plantas de co-geração existentes por outras capazes de gerar maiores quantidades de energia, como à eficiência do consumo de energia no processo de produção de etanol e de açúcar.

Ao se discutir o potencial econômico da bioeletricidade, sobretudo dos *retrofits*, é necessário se considerar o quanto os custos dos investimentos estão sujeitos a economias de escala. Na safra 2008/09, 65 milhões de toneladas de cana (19% do total) foram processadas em usinas com uma capacidade de moagem inferior 1,5 milhões toneladas de cana no Estado de São Paulo, das quais pouquíssimas possuem instalações eficientes de geração capazes de viabilizar a exportação de energia. Dados do GESEL/IE/UFRJ colhidos junto a indústria de bens de capital indicam que o custo do KW instalado em uma usina que processe 1 milhão de toneladas de cana por safra é 30% superior ao custo do KW instalado em uma usina que processe 3 milhões de toneladas de cana por safra. Isto torna nítida a relevância da escala para a promoção de investimentos em bioeletricidade. Neste sentido, o movimento de aumento da escala de produção das plantas industriais é da maior relevância para viabilizar em termos econômicos o potencial técnico de geração de bioeletricidade, conforme será discutido na próxima seção deste artigo.

Além dos custos de investimento na planta de co-geração, os custos de conexão da usina à rede também estão sujeitos a significativas economias de escala, com o custo médio decrescendo com o aumento da escala de exportação de energia. Em contrapartida, o desconto na tarifa-fio para projetos com capacidade instalada inferior a 30 MW atua como um desincentivo a projetos de maior escala de geração, muito embora a Aneel tenha admitido em diversas ocasiões a manutenção do incentivo em projetos com várias unidades de geração dentro da mesma usina.

A formatação de políticas públicas consistentes e regulares é um mecanismo de incentivar o investimento em fontes alternativas de geração de energia, em especial para a promoção de rotas tecnológicas mais eficientes. Uma ilustração deste tipo de política foi a desoneração tributária e os incentivos fiscais concedidos à fonte eólica que, em conjunto com condições favoráveis de financiamento, permitiu uma significativa redução de custos da geração eólica, conforme verificado no resultado do leilão de energia eólica realizado no final de 2009. No caso específico da bioeletricidade, linhas de financiamento em condições especiais para projetos mais eficientes e sustentáveis ambientalmente são um importante instrumento para viabilizar o potencial técnico da bioeletricidade, como será discutido na última seção deste relatório.

Contudo, independente da elaboração de políticas públicas de promoção da bioeletricidade, a própria lógica de expansão do setor sucroenergético baseada em plantas industriais com maior escala é indutora de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes devido ao efeito das economias

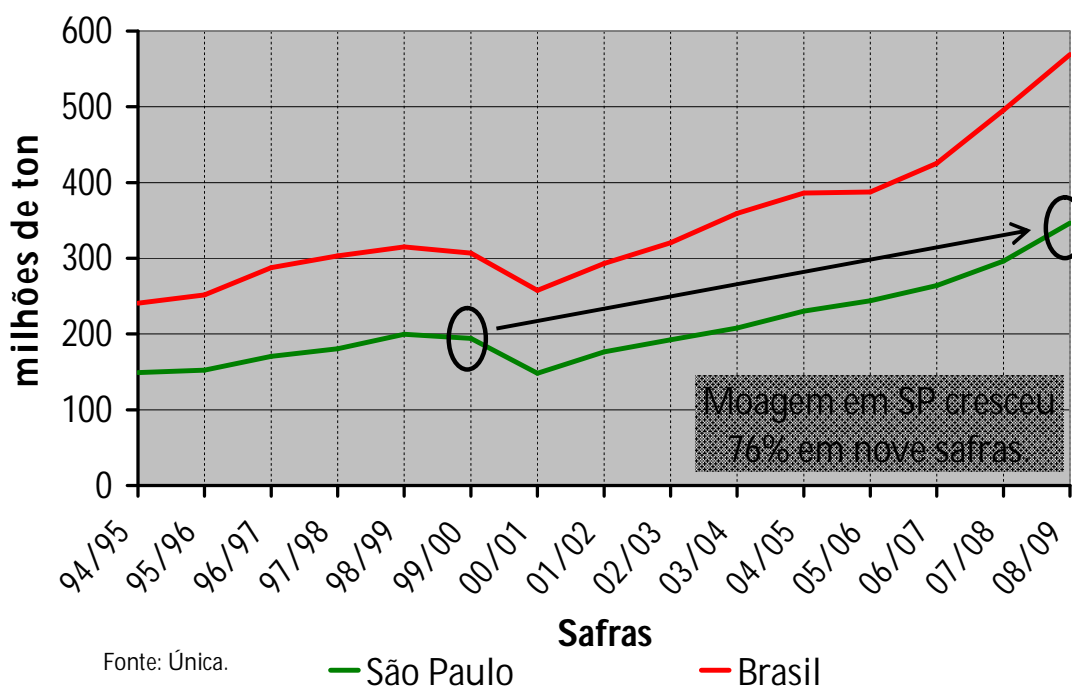
de escala. Neste sentido, a segunda parte deste artigo se dedica a analisar o perfil de expansão do setor sucroenergético e como o mesmo pode ser indutor de investimentos em bioeletricidade.

### O Perfil da Expansão do Setor Sucroenergético e a Promoção da Bioeletricidade

Na última década houve um expressivo aumento da moagem de cana no Brasil, relacionado à demanda crescente por etanol, e em menor escala ao aumento da produção de açúcar. Este aumento da moagem esteve relacionado tanto a um aumento do número de usinas como, principalmente, a um aumento da escala de moagem das usinas. A tendência ao aumento da escala de moagem pode ser percebida claramente pela evolução do processamento de cana em São Paulo, o principal estado produtor, responsável por mais 60% da moagem brasileira de cana.

O Estado de São Paulo apresentou entre as safras 1999/00 e 2008/09 um crescimento de 76% da cana processada, um ritmo de crescimento ligeiramente abaixo do verificado no Brasil como um todo (85%), conforme é ilustrado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução da Moagem de Cana de Açúcar



O processo de expansão do setor vem se caracterizando pelo aumento da escala de produção das plantas industriais. Atualmente a escala mínima eficiente para novas plantas é superior a 2,5 milhões de toneladas de cana processada por safra. O aumento do tamanho das plantas ocorrido entre a safra 1999/00 e 2008/09 é ilustrado nas Tabelas 2 e 3 que apresentam, respectivamente, o número de usinas e a quantidade de cana processada por faixa de moagem no Estado de São Paulo.

O número total de usinas em São Paulo aumentou de 137 para 169. Porém o número de usinas pequenas, com moagem inferior a 1 milhão de toneladas/safra, decresceu de 59 para 36. Houve aumento no número de usinas de porte pequeno/médio, com moagem entre 1 e 2 milhões de toneladas/safra (50 para 60 usinas). Mas o crescimento de fato ocorreu em usinas de portes médio ou grande com moagem maior que 2 milhões de toneladas/safra, com crescimento percentual de pelo menos 75% no número de usinas em cada uma das faixas.

Tabela 2 – Número de Plantas por Escala de Moagem em SP

| Escala de moagem | 99/00<br>(Usinas) | 08/09<br>(Usinas) | Cres.<br>(%) |
|------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| 5 m +            | 3                 | 7                 | 133,3        |
| 4 a 5 m          | 4                 | 10                | 150,0        |
| 3 a 4 m          | 8                 | 14                | 75,0         |
| 2 a 3 m          | 13                | 42                | 223,1        |
| 1 a 2 m          | 50                | 60                | 20,0         |
| até 1 m          | 59                | 36                | (39,0)       |
| <b>Total</b>     | <b>137</b>        | <b>169</b>        | <b>23,4</b>  |

Elaboração: Gesel-IE-UFRJ. Fonte: Única.

Um quadro semelhante pode ser visto na Tabela 3, onde é exibida a moagem total de cana das usinas das diversas faixas de tamanho. O dado mais representativo é que na safra 99/00 52% da cana era processada em usinas com moagem de até 2 milhões de toneladas/safra, proporção que caiu para 31% na safra 2008/09.

Tabela 3 – Moagem por Tamanho de Planta em SP

| Escala de moagem | 99/00<br>(10 <sup>6</sup> t/ano) | 08/09<br>(10 <sup>6</sup> t/ano) | Cres.<br>(%) |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 5 m +            | 19,3                             | 44,7                             | 131,0        |
| 4 a 5 m          | 17,2                             | 43,6                             | 153,0        |
| 3 a 4 m          | 27,7                             | 47,2                             | 70,2         |
| 2 a 3 m          | 30,2                             | 101,9                            | 237,1        |
| 1 a 2 m          | 73,4                             | 88,0                             | 19,9         |
| até 1 m          | 29,2                             | 21,0                             | (28,2)       |
| <b>Total</b>     | <b>197,1</b>                     | <b>346,3</b>                     | <b>75,7</b>  |

Elaboração: Gesel-IE-UFRJ. Fonte: Única.

O aumento da escala de moagem em São Paulo pode ser constatado na Tabela 4, onde se vê que a planta média passou de uma moagem de 1,4 milhões de toneladas na safra 1999/00 para 2,0 milhões de toneladas em 2008/09.

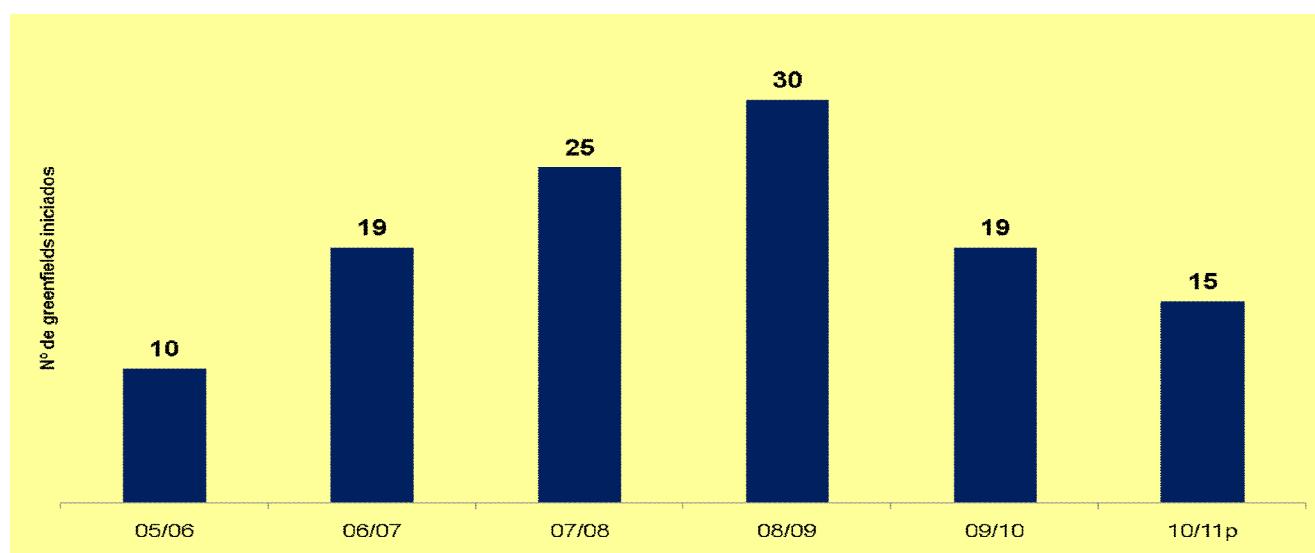
Tabela 4 – Moagem de Cana em SP: 1999/00 x 2008/09

|  | 99/00 | 08/09 | Cresc. |
|--|-------|-------|--------|
| Usinas (unidades)                        | 137   | 169   | 23,4%  |
| Moagem Total (milhões t/ano)             | 197   | 346   | 75,7%  |
| Moagem média por usina (milhões t/ano)   | 1,4   | 2,0   | 42,4%  |
| Moagem mediana por usina (milhões t/ano) | 1,2   | 1,8   | 49,0%  |

Fonte: Única.

A entrada em operação de novas usinas com grande escala produtiva foi responsável por parte da expansão verificada na produção do setor sucroenergético, conforme é ilustrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Número de Novas Usinas Sucroenergéticas



Fonte: FIGLIOLINO (2010).

Contudo, ao menos no Estado de São Paulo, o aumento da moagem é devido em grande parte à expansão das unidades já existentes. O aumento da escala de produção das usinas existentes consiste no crescimento orgânico da área plantada próxima a usinas existentes associado à expansão e/ou modernização da planta industrial. Esta via de expansão pode se mostrar vantajosa do ponto de vista empresarial, pois permite mitigar o risco agrícola inerente à formação de grandes áreas de cana para projetos *greenfield*. Em alguns casos o processo de crescimento das unidades produtivas do Estado de São Paulo passou pela eliminação de concorrentes locais, dentro da lógica do processo de consolidação do setor. Isto ocorreu pela compra de uma unidade pequena por um concorrente local com o objetivo de ampliar uma unidade produtiva vizinha. O ativo principal da unidade adquirida são as terras próprias e arrendadas e não a unidade industrial.

O processo de expansão de usinas existentes é indutor de investimentos em plantas de co-geração mais eficientes, capazes de gerar excedentes a serem exportados para a rede. Isto porque a expansão da planta de produção de etanol e açúcar implica em investimentos tanto na geração de calor como no processo industrial. Com tais investimentos em curso, vários dos gastos com a modernização do processo industrial são diluídos como custos associados a todos os produtos da usina: etanol, açúcar e eletricidade. Já na simples modernização de uma planta de co-geração de

uma usina existente, sem a realização de uma ampliação, todo o investimento deve ser pago unicamente pela exportação de e energia, encarecendo o projeto.

O processo de expansão da escala das plantas industriais é melhor mapeado a partir da análise das 50 maiores unidades industriais da safra 2008/09 no Estado de São Paulo e da evolução da moagem de cana ao longo do tempo. Os principais resultados obtidos por esta comparação são os seguintes:

- i. As usinas da amostra moeram mais que 2,4 milhões de toneladas de cana na safra 2008/9;
- ii. Das 50 usinas pesquisadas, 46 já operavam na safra 1999/00;
- iii. Todas as 22 maiores usinas já operavam na safra 1999/00;
- iv. A moagem média das 46 usinas que moeram canas tanto em 1999/00 como em 2008/09 aumentou em 45%;
- v. Metade destas 46 usinas aumentou a moagem em mais de 1,2 milhões toneladas de cana.

Desta forma, se verifica a relevância da expansão das unidades produtivas existentes nos últimos 10 anos. A Tabela 5 mostra a variação da capacidade de moagem das 46 unidades que já existiam na safra 1999/00 e que pertenciam às 50 maiores usinas de São Paulo na safra 2009/09.

Tabela 5 – Moagem por Usina: variação entre 1999/00 e 2008/09

| <b>Cresc. moagem</b> | <b>Usinas</b> |
|----------------------|---------------|
| Redução              | 2             |
| até 350 mil t/ano    | 6             |
| 350 mil a 1 m t/ano  | 11            |
| 1 a 2 m t/ano        | 20            |
| mais que 2 m t/ano   | 7             |
| <b>Total</b>         | <b>46</b>     |

*Elaboração: Gesel, com dados da Única.*

Além do processo de aumento da escala de produção das plantas industriais, o setor sucroenergético vem passando por um processo de consolidação e entrada de capital estrangeiro, conforme pode se comprovar nas Tabelas 6 e 7.

A Tabela 6 mostra que 28% dos grupos econômicos que processaram mais de 6 milhões de toneladas de cana na safra 2005/06. Por sua vez, estima-se que na safra 2010/11, 51% dos grupos econômicos devem ter uma moagem superior a 6 milhões de toneladas de cana.

Tabela 6 – Porte dos Grupos Econômicos (classificação percentual em função de milhões de toneladas de cana processadas)

|         | < 3 | Entre 3 e 6 | Entre 6 e 9 | Entre 9 e 12 | >12 |
|---------|-----|-------------|-------------|--------------|-----|
| 2005/06 | 36  | 36          | 18          | 5            | 5   |
| 2006/07 | 27  | 32          | 32          | 4            | 4   |
| 2007/08 | 9   | 50          | 14          | 18           | 9   |
| 2008/09 | 21  | 32          | 24          | 9            | 14  |
| 2009/10 | 18  | 35          | 24          | 9            | 14  |
| 2010/11 | 12  | 38          | 15          | 18           | 18  |

\* Valor estimado

Fonte: Elaborado por GESEL/IE/UFRJ a partir de FIGLIONINO (2010).

O CR5 é um índice de concentração industrial que indica o *market-share* das 5 maiores firmas de uma indústria. A Tabela indica o crescimento deste indicador em função do processo de consolidação do setor.

Tabela 7 – Evolução do CR5 e da Participação de Capital Internacional no Setor Sucroenergético ( %)

|                                     | 2005 | 2010 | 2015* |
|-------------------------------------|------|------|-------|
| CR5                                 | 12   | 27   | 40    |
| Participação de Capital Estrangeiro | 6    | 25   | 40    |

\* Valor estimado

Fonte: Elaborado por GESEL/IE/UFRJ a partir de FIGLIONINO (2010).

Este processo de consolidação associado a entrada de capital internacional também atua como indutor de investimentos em bioeletricidade devido a maior capacidade financeira de grupos econômicos de maior porte que conseguem explorar economias de envergadura as quais passam por melhores condições de financiar projetos.

Desta forma, pode se concluir que o processo de aumento de escala das usinas, inclusive das usinas existentes, associado ao processo de consolidação do setor sucroenergético é indutor de investimentos em plantas eficientes de co-geração e, por conseguinte, da comercialização de grandes montantes de bioeletricidade. Portanto, a própria dinâmica atual do setor sucroenergético se constitui em um mecanismo que incentiva investimento em projetos de co-geração mais eficientes que contemplem o uso da palha e a modernização de usinas *retrofit*.

#### Conclusões

O ciclo expansivo da produção de etanol e de açúcar garante a biomassa residual necessária para obtenção de grandes montantes de bioeletricidade nos próximos anos. Entretanto, a viabilização deste potencial depende das rotas tecnológicas que serão empregadas, sobretudo se a palha será utilizada como combustível e em qual montante.

Embora todos os projetos *greenfields* contemplem a comercialização de bioeletricidade, ainda se verificam incertezas relevantes sobre o uso da palha e a modernização de usinas *retrofits*, as quais tendem a serem modernizadas apenas em caso de expansão. A formatação de políticas públicas é um instrumento importante para que os empreendedores optem por rotas tecnológicas capazes de produzirem maiores volumes de bioeletricidade. Contudo, a dinâmica do setor de aumento da escala de produção das plantas industriais e consolidação do setor é um indutor natural de investimentos em plantas eficientes e por conseguinte de viabilização do potencial técnico de geração de bioeletricidade por permitir a exploração de economias de escala e de envergadura.

#### Referências

CASTRO, Nivalde José; DANTAS, Guilherme de A; BRANDÃO, Roberto; LEITE, André Luiz da Silva. **Bioeletricidade e a Indústria de Alcool e Açúcar: possibilidades e limites**. Synergia. Rio de Janeiro, 2008.

CASTRO, Nivalde José; BRANDÃO, Roberto; DANTAS, Guilherme de A. **Considerações sobre a Ampliação da Geração Complementar ao Parque Hídrico Brasileiro**. Texto de Discussão n. 15. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

CORRÊA NETO, V; RAMON, D. **Análise de Opções Tecnológicas para Projetos de Co-geração no Setor Sucroalcooleiro**. Setap. Brasília, 2002.

FIGLIOLINO, Alexandre. **Visão e tendências do setor de Açúcar e Álcool no Brasil**. In: **Workshop de Bioeletricidade**. GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 26 de Fevereiro de 2010.

FONSECA, M; COSTA, C. **Estrutura Industrial e Mudança Tecnológica na Economia Sucroalcooleira**. In: I Workshop do INFOSUCRO sobre Impactos Econômicos e Tecnológicos da Indústria Sucroalcooleira no Brasil. Rio de Janeiro, Novembro de 2008.

KITAYAMA, Onorio. **Bioeletricidade: perspectivas e desafios**. In: III Seminário Internacional do Setor de Energia Elétrica – GESEL/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2008.

SOUSA, Eduardo Leão. **Etanol: Desafios e Oportunidades nos Mercados Nacional e Internacional**. II Workshop Infosucro/IE/UFRJ. Rio de Janeiro, 27 de Novembro de 2009.